

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



Comparação entre instrumentação mecanizada e instrumentação manual

Mariana de Carvalho e Melo

Dissertação Orientada pelo: Professor Doutor António Ginjeira

e Coorientada pela: Doutora Karla Baumotte

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2021

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



Comparação entre instrumentação mecanizada e instrumentação manual

Mariana de Carvalho e Melo

Dissertação Orientada pelo: Professor Doutor António Ginjeira

e Coorientada pela: Doutora Karla Baumotte

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2021

Agradecimentos

Começo por agradecer aos meus pais, Ana e Miguel, que incansavelmente estiveram presentes nesta minha aventura académica e que são as melhores pessoas que existem no mundo.

Agradeço aos meus avós, aos meus tios Gia, Hugo, Graça, ao grupinho da quinta do lago, aos meus padrinhos e à mítica Dona Tina, do fundo do coração um enorme obrigada.

À minha pessoa favorita, Vasco, obrigada pela enorme paciência e por me obrigares a acreditar em mim.

Aos meus grandes amigos, as pessoas que tornaram este curso numa experiência incrível, Mónica, Pedro, Rúben, Marisa devo um agradecimento pelos momentos que proporcionaram e pela companhia nas épocas de exames intermináveis.

Aos meus colegas de turma, em especial à minha dupla Inês e à minha madrinha Carolina, agradeço pela coragem que me proporcionaram para fazer o curso.

Termino com um especial agradecimento às duas pessoas que me fizeram escolher endodontia como a minha área de predileção, Professor Ginjeira e Professora Karla, obrigada pela orientação que me deram ao fazer esta tese e principalmente obrigada por me terem feito apaixonar pela Endodontia.

Resumo

Introdução: A instrumentação é um dos passos do tratamento endodôntico, mais especificamente o passo responsável pela remoção mecânica de detritos, micro-organismos e os seus produtos metabólicos do sistema canalar e pela modelagem destes. Este passo pode ser realizado com recurso a limas mecanizadas ou limas manuais. O objetivo deste estudo foi comparar a velocidade de tratamento recorrendo a cada um destes métodos e comparar a prevalência de complicações durante e após a realização de tratamentos endodônticos recorrendo a cada um destes métodos de instrumentação.

Materiais e métodos: Foram analisados todos os registos clínicos de tratamentos endodônticos efetuados pelos alunos do mestrado integrado em medicina dentária de quarto e quinto ano entre o ano letivo de 2016/2017 e de 2019/2020, destes foram recolhidos o número de consultas necessárias para concluir cada tratamento realizado, o número de complicações que se deram durante o tratamento e após o término do mesmo e o método escolhido para realizar a instrumentação.

Resultados: Não se detetaram diferenças estatisticamente significativas no número de sessões entre as duas técnicas de instrumentação. Relativamente à presença de complicações no decorrer do tratamento, verificou-se uma tendência semelhante entre as técnicas de instrumentação. Em casos de instrumentação mecanizada o tipo de complicação registada mais prevalente foi a fratura de limas e em casos de instrumentação manual foi o abscesso. Não existe registo de complicações após a conclusão dos tratamentos endodônticos em nenhum dos registos clínicos incluídos no estudo.

Conclusões: O presente estudo concluí que não existe diferença estatisticamente significativa na velocidade de realização de um tratamento endodôntico entre casos realizados com instrumentação manual e com instrumentação mecanizada e que não existe diferença estatisticamente significativa na incidência de complicações durante o tratamento endodôntico entre casos realizados com instrumentação manual e casos realizados com instrumentação mecanizada.

Palavras-chave: Instrumentação mecanizada, Instrumentação manual, Velocidade, Complicações

Abstract

Introduction: Instrumentation is one of the steps of endodontic treatment, more specifically the step responsible for the mechanical removal of debris, microorganisms and their metabolic products from the canal system and for its shaping. This step can be performed using mechanized files or manual files. The aim of this study was to compare the treatment speed using each of these methods and to compare the prevalence of complications during and after endodontic treatment using each of these instrumentation methods.

Materials and methods: All clinical records of endodontic treatments performed by the students of the integrated master's degree in dental medicine of fourth and fifth year between the academic year 2016/2017 and 2019/2020 were analyzed, and from these the number of appointments needed to complete each treatment performed, the number of complications that occurred during the treatment and after its completion, and the method chosen to perform instrumentation were collected.

Results: No statistically significant differences were found in the number of sessions between the two instrumentation techniques. Regarding the presence of complications during treatment, there was a similar trend between the instrumentation techniques. In cases of mechanized instrumentation, the most prevalent type of complication was file fracture and in cases of manual instrumentation it was abscess. There is no record of complications after completion of endodontic treatments in any of the clinical records included in the study.

Conclusions: The present study concludes that there is no statistically significant difference in the speed of completion of endodontic treatment between cases performed with manual instrumentation and with mechanized instrumentation and that there is no statistically significant difference in the incidence of complications during endodontic treatment between cases performed with manual instrumentation and cases performed with mechanized instrumentation.

Key Words: Mechanized instrumentation, Manual instrumentation, Speed, Complications

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice.....	iv
Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas.....	vi
1. Introdução	1
2. Objetivos	8
3. Materiais e Métodos.....	10
4. Resultados.....	12
5. Discussão	17
6. Conclusões	20
7. Referências Bibliográficas	21

Índice de Figuras

Figura 1: Representação gráfica da distribuição da instrumentação manual e mecanizada na amostra	13
Figura 2: Representação gráfica da distribuição da presença/ausência de complicações entre técnicas	15

Índice de Tabelas

Tabela 1: Descrição de frequências absolutas e relativas referentes aos casos incluídos e excluídos no estudo.....	12
Tabela 2: Estatísticas descritivas e comparação do número de sessões de tratamento endodôntico entre as técnicas de instrumentação (Teste Mann-Whitney). \bar{x} : média amostral, s: desvio padrão amostral, Min: mínimo, Max: máximo.	13
Tabela 3: Frequências absolutas e relativas do número de sessões de tratamento por técnica de instrumentação	14
Tabela 4: Frequências absolutas e relativas referentes à presença/ausência de complicações e comparação entre técnicas de instrumentação (Teste Exato de Fisher)	15
Tabela 5: Frequências absolutas e relativas referentes às categorias de complicações, por técnica de instrumentação. n: frequência absoluta	15

1. Introdução

Endodontia é um termo com origem na fusão de duas palavras gregas, significa dentro do dente. É um dos ramos da medicina dentária, mais especificamente, o ramo que se dedica à morfologia, fisiologia, patologia e tratamento da polpa dentária e dos tecidos que envolvem as raízes. ⁽¹⁾

O tratamento endodôntico tem como principal objetivo eliminar as bactérias e os seus subprodutos que se encontrem no sistema canalar do dente de forma a parar o processo de infeção. Para atingir este objetivo é necessário remover a polpa presente dentro dos canais do dente, os microrganismos e os seus produtos metabólicos e toxinas do sistema canalar, reduzindo assim, a quantidade de bactérias e endotoxinas que causam as infeções de origem endodôntica. ⁽²⁾

Segundo a Associação Americana de Endodontistas, o estado da polpa dentária pode ser descrito como saudável ou não. Quando a polpa deixa de estar saudável, podemos estar perante quatro situações: pulpite reversível, pulpite irreversível sintomática, pulpite irreversível assintomática ou necrose pulpar. Caso estejamos perante uma situação de pulpite reversível, depois da remoção do estímulo que está a provocar a situação (que pode ser, por exemplo, uma lesão de cárie), é expectável que a polpa recupere totalmente e volte a uma situação normal de saúde. Em qualquer uma das outras três situações o médico dentista terá de recorrer ao tratamento endodôntico (caso este seja possível e indicado) para remover a polpa e estabelecer uma nova situação de saúde oral geral. ⁽³⁾

Se, porventura, o correto tratamento endodôntico não for realizado, não é possível controlar a infeção bacteriana que ocorre no sistema canalar do dente e que, em última análise, pode causar infeção dos tecidos peri apicais. Relativamente às infeções dos tecidos peri apicais estas são divididas, pela Associação Americana de Endodontistas, em periodontite apical sintomática, periodontite apical assintomática, abscesso apical agudo e abscesso apical crónico. ^(3,4)

O tratamento endodôntico divide-se em três fases principais: limpeza e modelação (conseguido pela preparação químico-mecânica), desinfeção (através da aplicação de irrigantes e medicação canalar) e obturação (pelo preenchimento dos canais com materiais próprios). ⁽⁵⁾

A preparação químico-mecânica do sistema canalar é constituída pela irrigação e pela instrumentação, feitas em simultâneo. A instrumentação é o passo do tratamento endodôntico em que a polpa vital e necrótica é removida, bem como alguma dentina das paredes dos canais (dentina

infetada e dentina não infetada, mas que seja necessário remover de para dar a forma conveniente ao canal), assim como todos os microrganismos e os seus subprodutos. (2,6-8)

Durante este passo deve-se dar uma forma aos canais, de modo a criar espaço para estes serem corretamente irrigados e obturados posteriormente. (2,6-8)

Os princípios a seguir para a atingir uma instrumentação eficaz, do ponto de vista da forma dos canais, foram descritos por Schilder e consistem em: (9)

- Afunilamento contínuo da coroa ao ápex do dente;
- O diâmetro da secção transversal do canal deve ser mais estreito à medida que nos aproximamos do ápex;
- A preparação do canal radicular deve respeitar a forma do canal original;
- O foramen apical deve permanecer na sua posição original;
- A abertura apical deve apresentar o menor diâmetro possível.

Schilder descreveu ainda os princípios que permitem atingir bons resultados a nível biológico através da instrumentação: (9)

- Apenas devem ser instrumentadas as próprias raízes;
- Os detritos necróticos não devem extravasar para além do forâmen apical;
- Remoção de todo o tecido que se encontre no espaço do canal radicular;
- Criação de espaço suficiente para ser possível administrar medicação intra-canal, se necessário.

A irrigação permite complementar a ação da instrumentação pois, devido à anatomia dos dentes, existem ramificações dos canais principais (canais laterais) que não são passíveis de ser limpos pela instrumentação, bem como porções do sistema canalar que não podem ser acedidas durante a instrumentação (por exemplo, deltas apicais). Por outro lado, a irrigação facilita a remoção dos detritos gerados pela instrumentação, tem um papel extremamente importante na eliminação dos microrganismos e dos seus subprodutos e auxilia na remoção dos tecidos orgânicos. (2,6-8)

A instrumentação é feita recorrendo a instrumentos denominados de limas endodônticas. Estes instrumentos têm sido alvo de alterações e investigação de forma a otimizar e facilitar este processo, bem como as técnicas de uso das limas endodônticas. As limas endodônticas podem ser

classificadas como manuais ou mecanizadas. No caso das limas mecanizadas estas são acopladas a motores elétricos. ⁽²⁾

Edward Maynard desenvolveu os primeiros instrumentos manuais endodônticos, que tiveram a sua origem primeiramente em fios redondos utilizados para fabricar as molas dos relógios, evoluindo posteriormente para os fios utilizados nas cordas de pianos. Estes fios eram moldados para terem o formato de pequenas agulhas que serviam para remover o tecido pulpar do sistema canalar. Posteriormente, em 1885, as brocas de Gates Glidden e as limas endodônticas K surgiram no mercado. Em 1892, Oltramare fez a primeira referência à instrumentação rotatória, através do uso de limas que podem ser ligadas às peças de mão mecanizadas utilizadas na medicina dentária, mas só a partir de 1974 é que os instrumentos endodônticos passaram a seguir as especificações padronizadas da ISO. Em 1899 Rollins criou a primeira peça de mão mecanizada específica para a utilização em endodontia e até aos dias de hoje a evolução neste campo tem sido constante. Inicialmente as limas eram inseridas na peça de mão e faziam movimentos de rotação contínuos de 360 graus, sendo que a velocidade de rotação eram 100 rotações por minuto, numa tentativa de prevenir a fratura de instrumentos. ⁽¹⁰⁻¹⁶⁾

Nos últimos anos da década de 80 surgiu a liga de Níquel-Titânio, composta por 55% de níquel e 45% de titânio que, desde a sua introdução, revolucionou a área da endodontia. Esta liga é superior ao aço inoxidável, previamente utilizado, a nível das propriedades mecânicas e da segurança de instrumentação. Apesar de serem passíveis de fraturar, as limas endodônticas criadas a partir da liga de níquel-titânio permitiram ultrapassar problemas como a alta rigidez das limas e a sua baixa resistência à fadiga cíclica, permitindo que as limas exerçam muito menos força sobre as paredes do sistema canalar durante a instrumentação. Possibilitaram também, através da sua alta flexibilidade, diminuir a probabilidade de ocorrer erros como a criação de degraus e o transporte apical durante a instrumentação. Outra característica que garantiu o sucesso desta liga no mercado da endodontia foi a memória de forma que apresenta. ⁽¹⁷⁻²⁰⁾

Hoje em dia existem muitos sistemas de instrumentação mecanizada. Todos eles consistem em limas de níquel titânio (com tratamento de superfície, ou não) que são inseridas em contra ângulos ligados a motores próprios. Estes motores permitem utilizar as limas em movimentos rotatórios ou reciprocantes. ^(21,22)

Segundo a literatura, a instrumentação realizada com limas mecanizadas é um procedimento mais rápido do que quando efetuado com limas manuais. ⁽²³⁻²⁶⁾

Na clínica pré-graduada da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa existem vários sistemas de instrumentação disponíveis, entre os quais o sistema mecanizado ProTaper Gold e o sistema manual com limas K.

O sistema ProTaper Gold consiste num conjunto de limas, S1, S2, F1, F2 e F3. Todas estas limas, têm 16mm de comprimento da parte ativa podendo o seu comprimento total ser de 21mm, 25mm ou 31mm (existe ainda a lima acessória Sx que tem 19mm de comprimento total e 14mm de comprimento ativo). As limas S são as “shaping files”, limas que servem para modelar o canal e as limas F são as “finishing files”, que conferem o acabamento final. ⁽²⁷⁻²⁹⁾

A lima Sx é utilizada na porção coronal do canal e permite remover dentina para melhorar a entrada do canal para facilitar a progressão as limas seguintes, em D0 tem um diâmetro de 0,19mm e em D14 de 1,19mm. Esta lima deve ser utilizada com movimentos de pincelagem. A lima S1, caracterizada por ter um anel roxo em torno do cabo, possui um diâmetro em D0 de 0,18mm e em D16 de 1,2mm e tem como função a preparação do terço coronal do canal. A lima S2, cujo anel é branco, tem a função de preparar o terço médio do canal, sendo que em D0 tem um diâmetro de 0,20mm e em D16 de 1,2mm. ⁽²⁷⁻²⁹⁾

As limas F são utilizadas no terço apical no canal e possuem conicidade decrescente (de forma a aumentar a flexibilidade das mesmas). A lima F1 (que corresponde a uma lima K20), de anel amarelo tem em D0 0,20mm de diâmetro e em D16 1,125mm, a lima F2 correspondente à lima K25 (de cor vermelha) com um diâmetro de 0,25mm em D0 e de 1,20mm em D16, a lima F3 azul corresponde à lima K30 tem em D0 0,30mm de diâmetro e em D16 1,13mm. Foram depois introduzidas mais dois instrumentos no sistema, a lima F4 com diâmetro de 0,40mm em D0 e 1,14mm em D16 corresponde à lima K40 e tem dois anéis pretos e, por fim, a lima F5 com dois anéis amarelos corresponde à lima K50 e tem em D0 0,50mm de diâmetro e em D16 1,13mm. ⁽²⁷⁻²⁹⁾

A diferença entre o sistema Gold para os seus antecessores é o tratamento térmico a que a liga metálica é submetida. Este tratamento térmico consiste em elevar a temperatura da liga e em

seguida diminuí-la em condições controladas, o que se traduz num aumento da flexibilidade e da resistência à fadiga cíclica. ^(26,30,31)

As limas K, fabricadas em aço inoxidável, seguem as normas ISO, podendo ter um comprimento total de 21mm, 25mm ou 31mm, sendo que a sua parte ativa tem 16mm de comprimento. A sua conicidade é de 2% e existem limas desde a número 6 até à lima 140. ⁽³²⁾

No decurso e após a instrumentação há várias complicações que podem ocorrer dificultando o tratamento endodôntico. Durante a instrumentação ocorre sempre algum grau de extrusão de detritos e de irrigantes para os tecidos peri apicais e na maioria das vezes esta extrusão não se traduz em dor, porém, a dor pós-operatória ou intra operatória acontece pontualmente. Esta dor está frequentemente associada a “flare-ups”, podendo este acontecer entre sessões de tratamento ou no final do tratamento. Os “flare-ups” podem ser originados pela sobre instrumentação, isto acontece quando as limas ultrapassam o ápex, devido à permanência de microrganismos no espaço canal ou em torno do ápex do dente ou por o dente submetido a tratamento se encontrar em sobre oclusão. O “flare up” pode resultar num abscesso devido à presença de bactérias no sistema canal ou nos tecidos peri apicais. ⁽³³⁻³⁷⁾

As perfurações acontecem quando o médico dentista se desvia da curvatura original do canal criando uma comunicação com o ligamento periodontal. Este erro acontece quando as limas não seguem a anatomia do canal, não atingindo o foramen apical. Esta complicação dá-se durante o tratamento endodôntico e pode resultar na impossibilidade de instrumentar, desinfetar e obturar o canal corretamente. ⁽³⁸⁾

A fratura de instrumentos é mais uma complicação que pode ocorrer durante o tratamento endodôntico. Isto pode ocorrer por uso incorreto dos instrumentos, por uso de instrumentos já fragilizados ou devido a defeito de fabrico dos mesmos. Em alguns casos pode ser possível remover o instrumento fraturado ou ultrapassá-lo e atingir o comprimento de trabalho, noutros casos pode haver perda de permeabilidade do canal. Esta última hipótese piora o prognóstico do tratamento. ⁽³⁹⁾

A perda de permeabilidade, devido a bloqueio apical ou criação de degraus também consiste numa complicação do tratamento endodôntico em que o comprimento de trabalho deixa de ser atingível e por isso não é passível de ser instrumentado e desinfetado nem obturado. Isto ocorre, no caso do

bloqueio apical, por acumulação de detritos da instrumentação. Esta acumulação pode ser evitada com recurso a uma irrigação eficiente e à passagem da lima de permeabilidade frequentemente durante toda a instrumentação. ⁽⁴⁰⁾

Acidente por hipoclorito de sódio ocorre quando há extrusão deste irrigante pelo ápex. Ocorre dor aguda imediata e nos dias seguintes dá-se edema da face e hematomas na região circundante. Pode ocorrer necrose tecidual na zona afetada. Estes casos podem ocorrer mesmo sem haver um erro pela parte do clínico em, por exemplo, casos de dentes com ápex muito aberto. Após a resolução das sequelas do acidente o tratamento endodôntico pode ser terminado. ^(41,42)

O departamento de Endodontia na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa, no pré-graduado, tem a seu cargo 3 unidades curriculares, Endodontia (lecionada no 3ºano curricular, ano de pré-clínico), Clínica de Endodontia I (lecionada no 4ºano) e Clínica de Endodontia II (lecionada no 5ºano). Os casos práticos, de realização de endodontias em seres humanos só é realizada no quarto e quinto ano curriculares.

O protocolo adotado e implementado na unidade curricular de Clínica de Endodontia consiste numa sequência clínica abaixo descrita:

Preenchimento de história clínica relativamente ao paciente e ao dente em questão;

Execução de uma radiografia Inicial;

Sempre que necessário anestesia do paciente;

Abertura Coronária do dente a ser tratado;

Colocação de isolamento absoluto;

Negociação e permeabilização dos canais radiculares;

Determinação do comprimento de trabalho com recurso ao localizador apical eletrónico e sendo este confirmado com a realização de uma radiografia peri apical;

Instrumentação e irrigação canalar;

Seleção de cone principal de Guta-percha;

Realização de uma radiografia de prova de cone;

Obturação canalar através da técnica de condensação lateral;

Realização da radiografia final;

Restauração provisória ou definitiva do dente tratado.

2. Objetivos

Os dois principais objetivos desta investigação consistem em comparar o número de sessões necessárias para completar um tratamento endodôntico utilizando instrumentação mecanizada e utilizando instrumentação manual e, em comparar a quantidade de complicações durante o tratamento e após o tratamento em ambos os métodos.

Assim, formularam-se as seguintes hipóteses experimentais:

Comparação do número de sessões necessárias para completar um tratamento endodôntico

H1: Não existem diferenças estatisticamente significativas no número de sessões necessárias para completar um tratamento endodôntico entre dentes instrumentados pela técnica manual e pela técnica mecanizada.

H2: Existem diferenças estatisticamente significativas no número de sessões necessárias para completar um tratamento endodôntico entre dentes instrumentados pela técnica manual e pela técnica mecanizada, sendo que a técnica manual implica um menor número de sessões.

H3: Existem diferenças estatisticamente significativas no número de sessões necessárias para completar um tratamento endodôntico entre dentes instrumentados pela técnica manual e pela técnica mecanizada, sendo que a técnica mecanizada implica um menor número de sessões.

Comparação da quantidade de complicações durante o tratamento endodôntico

H1: Não existem diferenças estatisticamente significativas no número de complicações durante o tratamento endodôntico entre dentes instrumentados pela técnica manual e pela técnica mecanizada.

H2: Existem diferenças estatisticamente significativas no número de complicações durante o tratamento endodôntico entre dentes instrumentados pela técnica manual e pela técnica mecanizada, sendo que nos pacientes em que foi realizada a técnica manual deram-se menos complicações durante o tratamento.

H3: Existem diferenças estatisticamente significativas no número de complicações durante o tratamento endodôntico entre dentes instrumentados pela técnica manual e pela técnica

mecanizada, sendo que nos pacientes em que foi realizada a técnica mecanizada deram-se menos complicações durante o tratamento.

Comparação da quantidade de complicações após o tratamento endodôntico

H1: Não existem diferenças estatisticamente significativas no número de complicações após o tratamento endodôntico entre dentes instrumentados pela técnica manual e pela técnica mecanizada.

H2: Existem diferenças estatisticamente significativas no número de complicações após o tratamento endodôntico entre dentes instrumentados pela técnica manual e pela técnica mecanizada, sendo que nos pacientes em que foi realizada a técnica manual deram-se menos complicações após o tratamento.

H3: Existem diferenças estatisticamente significativas no número de complicações após o tratamento endodôntico entre dentes instrumentados pela técnica manual e pela técnica mecanizada, sendo que nos pacientes em que foi realizada a técnica mecanizada deram-se menos complicações após o tratamento.

3. Materiais e Métodos

O estudo foi realizado na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa após aprovação pela Comissão de Ética e pela Direção Clínica da mesma, sendo este um estudo transversal observacional descritivo.

A amostra é constituída por todos os registos clínicos de tratamentos endodônticos efetuados pelos alunos do mestrado integrado em medicina dentária de quarto e quinto ano entre o ano letivo de 2016/2017 e de 2019/2020.

Os dados que compõem a amostra foram compilados e cedidos pelo Departamento de Informática da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa a pedido da Comissão de Ética.

Durante a análise de cada processo foram utilizados os seguintes critérios de inclusão:

- Registos relativos a tratamentos efetuados por alunos do mestrado integrado em medicina dentária que frequentem o quarto ou o quinto ano na FMDUL;
- Registos relativos a tratamentos efetuados na clínica pré-graduada da FMDUL;
- Registos relativos a tratamentos efetuados entre ano letivo de 2016/2017 e 2019/2020;
- Registos que explicitassem o tipo de instrumentação utilizado (manual ou mecanizado);
- Registos que incluíssem a data de início e a data de fim do tratamento endodôntico;
- Registos que incluíssem informação sobre acidentes ocorridos durante o tratamento endodôntico;
- Registos que incluíssem informação sobre acidentes ocorridos após o tratamento endodôntico;
- Registos que incluíssem informação sobre complicações ocorridas durante o tratamento endodôntico;
- Registos que incluíssem informação sobre complicações ocorridas após o tratamento endodôntico;

No decorrer da análise de cada processo foram utilizados os seguintes critérios de exclusão:

- Registos de tratamentos incompletos;
- Registos que não explicitem o tipo de instrumentação utilizada;
- Registos em que as datas de início e fim do tratamento não estejam explicitadas;

- Registos não correspondentes a tratamentos efetuados por alunos do mestrado integrado em medicina dentária que frequentem o quarto ou o quinto ano na FMDUL;
- Registos não relativos a tratamentos efetuados na clínica pré-graduada da FMDUL;
- Registos não relativos a tratamentos efetuados entre ano letivo de 2016/2017 e 2019/2020.

Após inserção dos dados em Microsoft Excel (Microsoft Office Excel 2016, Redmond, USA), a análise estatística e representações gráficas foram realizadas com recurso ao software SPSS versão 25 (IBM, Armonk, NY, USA).

A análise descritiva dos resultados incluiu descrição de frequências absolutas e relativas referentes às variáveis categóricas, assim como médias, desvios padrão, valores mínimos e máximos referentes ao número de sessões de tratamento, variável cuja distribuição analisada de ambas perspetivas.

A comparação do número de sessões entre técnicas de instrumentação foi executada com recurso ao teste não paramétrico Mann Whitney e a comparação da proporção de complicações com recurso ao Teste Exato de Fisher. O nível de significância utilizado no decorrer da análise foi de 0,05.

4. Resultados

De um total de 1317 potenciais casos, 443 (33,6%) foram incluídos na amostra do presente estudo, sendo que cada caso corresponde ao tratamento endodôntico completo de um dente realizado por alunos do quarto e quinto ano do Mestrado Integrado em Medicina Dentária na clínica da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa entre o ano letivo 2016/2017 e o ano letivo 2019/2020.

Dos 874 casos excluídos (66,4%), cerca de 70% correspondiam a casos em que não foi realizado tratamento endodôntico (n=614; 70,3%); 12,7% (n=111) apresentavam registos incompletos; 7,1% (n=62) correspondiam a retratamentos endodônticos; 5,4% correspondiam a casos que foram encaminhados para a pós-graduação de Endodontia após avaliação na clínica da pré-graduação; e uma minoria (n=40; 4,6%) foi excluída por ausência de registos clínicos/processo ausente (tabela 1).

Tabela 1: Descrição de frequências absolutas e relativas referentes aos casos incluídos e excluídos no estudo

Incluído n=443 (33,6%)	Excluído n= 874 (66,4%)	
	tratamento não realizado	614 (70,3%)
	processo incompleto	111 (12,7%)
	retratamento	62 (7,1%)
	encaminhado	47 (5,4%)
	processo ausente	40 (4,6%)

Dos tratamentos incluídos no estudo, mais de três quartos correspondiam a casos tratados com instrumentação manual (n=337; 76,1%), sendo apenas 106 (23,9%) os casos tratados com instrumentação mecanizada (tabela 1**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**).

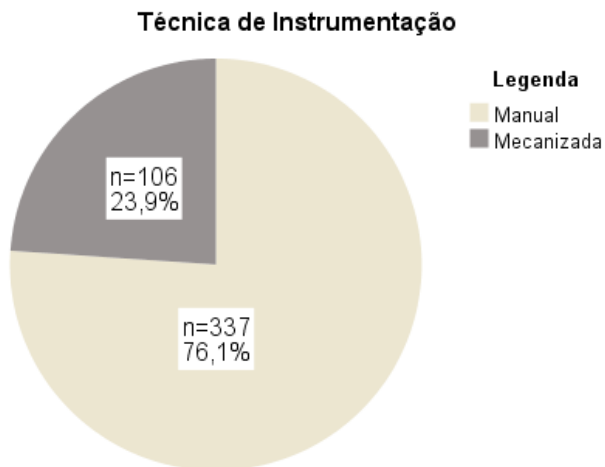


Figura 1: Representação gráfica da distribuição da instrumentação manual e mecanizada na amostra

Em média, os tratamentos com instrumentação manual levaram 2,4 sessões até serem terminados (± 1 sessão). Com esta técnica, o tratamento mais curto levou 1 sessão, enquanto o mais demorado levou 9 sessões.

De forma semelhante, os tratamentos com instrumentação mecanizada levaram em média 2,5 sessões a serem terminados ($\pm 0,9$). O tratamento mais demorado com instrumentação mecanizada envolveu um total de 7 sessões.

Não se detetaram diferenças estatisticamente significativas no número de sessões entre as duas técnicas de instrumentação ($p=0,258$; tabela 2).

Tabela 2: Estatísticas descritivas e comparação do número de sessões de tratamento endodôntico entre as técnicas de instrumentação (Teste Mann-Whitney). \bar{x} : média amostral, s: desvio padrão amostral, Min: mínimo, Max: máximo.

	Instrumentação				p
	Manual		Mecanizada		
	\bar{x} (s)	[Min; Max]	\bar{x} (s)	[Min; Max]	
Nr. sessões	2,4 (1,0)	[1; 9]	2,5 (0,9)	[1; 7]	0,258

Relativamente à análise de proporções por categoria de número de sessões, as estatísticas descritivas podem ser consultadas na tabela 2.

Observou-se, tanto na instrumentação manual como na mecanizada, que cerca de metade dos casos foram resolvidos em duas sessões de tratamento (51,6% dos casos de instrumentação manual e

52,8% de mecanizada). A segunda categoria mais frequente correspondeu aos casos tratados em três sessões (25,8% da técnica manual e 33% da técnica mecanizada). Por outro lado, a terceira categoria com maior proporção de casos tratados diferiu entre as técnicas – uma sessão de tratamento para a instrumentação manual (10%) e quatro sessões para a instrumentação mecanizada (5,7%).

Observando os casos tratados em sessão única, observa-se que estes correspondem a 10,7% dos tratamentos com técnica manual e apenas a 4,7% dos tratamentos realizados com técnica mecanizada (Tabela 3)

Tabela 3: Frequências absolutas e relativas do número de sessões de tratamento por técnica de instrumentação

		Instrumentação	
		Manual n (%)	Mecanizada n (%)
Nr. Sessões	1	36 (10,7%)	5 (4,7%)
	2	174 (51,6%)	56 (52,8%)
	3	87 (25,8%)	35 (33%)
	4	30 (8,9%)	6 (5,7%)
	5	8 (2,4%)	3 (2,8%)
	6	1 (0,3%)	0 (0%)
	7	0 (0%)	1 (0,9%)
	9	1 (0,3%)	0 (0%)

Relativamente à presença de complicações no decorrer do tratamento, verificou-se uma tendência semelhante entre as técnicas de instrumentação.

Mais de 90% dos tratamentos foram realizados sem quaisquer complicações, correspondendo a 96,1% dos executados com técnica manual e 94,3% dos que foram realizados com técnica mecanizada.

Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas nas proporções entre as técnicas de instrumentação ($p=0,583$; Tabela 4, Figura 2).

Não foram registadas quaisquer complicações após a finalização do tratamento endodôntico por isso, não foi possível analisar com que método de instrumentação é que estas ocorrem mais frequentemente.

Tabela 4: Frequências absolutas e relativas referentes à presença/ausência de complicações e comparação entre técnicas de instrumentação (Teste Exato de Fisher)

		Instrumentação		p
		Manual n (%)	Mecanizada n (%)	
Complicações	ausência	324 (96,1%)	100 (94,3%)	0,583
	presença	13 (3,9%)	6 (5,7%)	

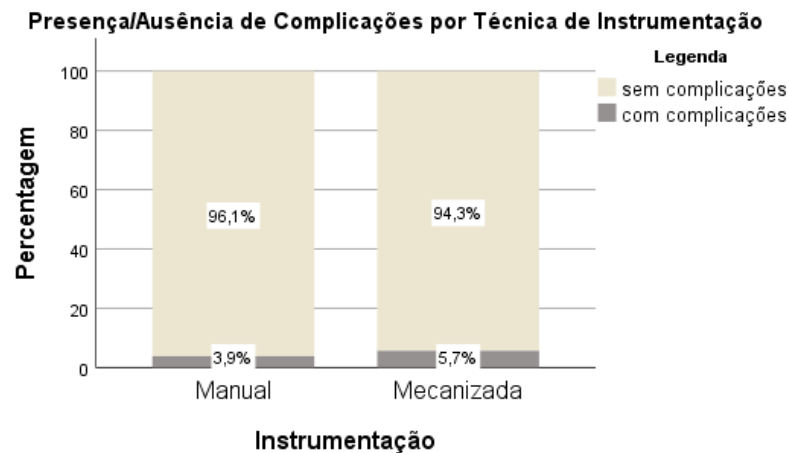


Figura 2: Representação gráfica da distribuição da presença/ausência de complicações entre técnicas

Analisando apenas os casos onde foram registadas complicações e independentemente da técnica, as complicações mais frequentes foram o abscesso (n=10; 52,6%) e a fratura de lima (n=6; 31,6%).

Relativamente aos casos tratados com instrumentação manual, verificou-se que a complicação mais comum foi o abscesso, correspondendo a cerca de metade (53,8%) dos casos.

Por outro lado, a complicação mais comum na instrumentação mecanizada foi a fratura de lima, correspondendo a sensivelmente 50% das complicações e contrastando com apenas 23,1% dos casos registados para a instrumentação manual (Tabela 5).

Tabela 5: Frequências absolutas e relativas referentes às categorias de complicações, por técnica de instrumentação. n: frequência absoluta

Complicações	Instrumentação	
	Manual n (%)	Mecanizada n (%)
Tabela 6		
abcesso , n=10 (52,5%)	7 (53,8%)	1 (25%)
fratura lima , n=6 (31,6%)	3 (23,1%)	3 (75%)
perfuração , n=1 (5,3%)	1 (7,7%)	0 (0%)
falso trajeto , n=1 (5,3%)	1 (7,7%)	0 (0%)
abcesso e fístula , n=1 (5,3%)	1 (7,7%)	0 (0%)

5. Discussão

O presente estudo apresenta várias limitações. A primeira limitação relevante é o tamanho da amostra. Apesar de a amostra inicial ser extensa, devido aos critérios de inclusão e exclusão esta sofreu uma grande diminuição. Em grande parte, esta diminuição deveu-se ao facto de existirem muitos processos relativos a casos em que não foi realizado qualquer tratamento endodôntico (cerca de 70%). Este dado evidencia um problema que existe na Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa que é a não existência de consultas de rastreio. Como não existem consultas de rastreio, os pacientes quando telefonam para a Faculdade para marcar consulta são encaminhados para as várias especialidades pelas rececionistas que não são formadas na área de medicina dentária. Este procedimento faz com que uma grande maioria dos pacientes, estejam marcados para a especialidade errada, sendo que, quando vêm à consulta não são tratados e são encaminhados para outra especialidade. A implementação de consultas de rastreio semanais realizadas pelos alunos permitiria agilizar o processo de triagem, permitindo assim, que os pacientes fossem encaminhados para as diversas especialidades já com a sua história clínica geral feita e anotada.

Outra limitação importante de frisar é o facto de terem sido comparados tratamentos realizados por alunos diferentes, com graus de experiência diferentes (alunos de quarto e quinto ano em diferentes fases do ano letivo e com diferente experiência prévia em endodontia) e em dentes não comparáveis (dentes mono radiculares e multi radiculares, dentes anatomicamente mais complexos e mais simples, dentes em processo de calcificação e dentes com canais facilmente instrumentáveis).

Para ser possível comparar a velocidade de realização de um tratamento endodôntico efetuado com instrumentação manual face a um realizado com instrumentação mecanizada, seria necessário que o mesmo médico dentista/aluno realizasse dois tratamentos endodônticos, cada um recorrendo a um método de instrumentação diferente, em dentes semelhantes, com o mesmo número de canais e semelhante anatomia do sistema canalar e em pacientes com nível de cooperação semelhante, de forma a podermos garantir a validade dos resultados.

Por outro lado, dos tratamentos incluídos na amostra, $\frac{3}{4}$ correspondem a tratamentos realizados com instrumentação manual e apenas $\frac{1}{4}$ corresponde a tratamentos realizados com instrumentação mecanizada. Para o estudo poder apresentar resultados válidos as proporções teriam de ser mais semelhantes.

Analisando a literatura existente verifica-se que a instrumentação mecanizada permite diminuir o tempo necessário para a realização de um tratamento endodôntico quando comparada com a instrumentação manual. ⁽²³⁻²⁶⁾ O presente estudo não contradiz a literatura, porém, também não a confirma. Esta discordância pode ser explicada pelas razões supracitadas.

Relativamente às complicações após a realização dos tratamentos, este estudo não apresenta registos de quaisquer complicações sendo por isso impossível de verificar se estas são mais incidentes em casos de instrumentação manual ou em casos de instrumentação mecanizada. Porém, a literatura disponível preconiza que a instrumentação mecanizada permite estados pós-operatórios com menor incidência de dor e “flare-ups”, essencialmente devido ao menor grau de extrusão de detritos gerados pela instrumentação. ^(33-37,43-48)

A ausência de registo de complicações após o término do tratamento, pode ser explicada pela mesma razão que explica a exclusão de 17,3% dos processos inicialmente incluídos na amostra, isto é, devido a registos incompletos e processos ausentes. Isto pode ser explicado por os processos clínicos serem em papel e, por isso, serem facilmente colocados em pastas referentes a pacientes diferentes ou a serem perdidos e, ao facto de serem os alunos os responsáveis por manter o registo de todos os procedimentos e consultas a que um paciente se sujeita, sendo que muitas vezes os alunos não são completos o suficiente nas suas anotações. No presente ano letivo os processos transitaram de manuais para digitais, o que vai levar a que diminuam o número de processos ausentes. Porém, seria necessário uma maior exigência e controlo relativamente ao conteúdo dos registos para garantir que os alunos registam toda a informação relativa a cada consulta a que o paciente vem na Faculdade.

As complicações durante a realização dos tratamentos endodônticos verificaram-se em apenas cerca de 10% dos casos, tanto em pacientes alvo de instrumentação mecanizada como em pacientes alvo de instrumentação manual. A complicação mais registada em casos realizados com recurso a instrumentação mecanizada foi a fratura de limas (cerca de 75%) e em casos que foi escolhida a instrumentação manual o abscesso (cerca de 54%). Estes resultados estão de acordo com a literatura existente, sendo que esta afirma que os abscessos são mais comuns na instrumentação manual (devido à maior extrusão de detritos durante a instrumentação) e que a fratura de limas é a complicação mais frequente em casos de instrumentação mecanizada e que é uma complicação que ocorre mais nestes casos do que nos casos de instrumentação manual. ^(33-37,39,43-63)

De forma a evitar a fratura das limas mecanizadas estas devem, idealmente, ser usadas apenas uma vez (de acordo com as instruções do fabricante), utilizando os motores corretos na velocidade e torque recomendados, com os movimentos adequados (pincelagem, vai e vem, etc), não forçando as limas para apical, não as deixando a rodar no mesmo comprimento (as limas devem ser inseridas e removidas do canal sistematicamente) e inspecionando as limas frequentemente durante o tratamento para verificar se estas não estão a deformar. (39,48-63)

Com o objetivo de diminuir os abscessos que ocorrem durante o tratamento endodôntico o médico dentista deve calcular corretamente o comprimento endodôntico, trabalhando sempre neste comprimento (nunca aquém, nem nunca ultrapassando) e deve seguir o protocolo correto e eficaz de forma a diminuir a quantidade de microrganismos e detritos no sistema canalar. (33-37,43-48)

6. Conclusões

O presente estudo concluí que não existe diferença estatisticamente significativa na velocidade de realização de um tratamento endodôntico entre casos realizados com instrumentação manual e com instrumentação mecanizada e que não existe diferença estatisticamente significativa na incidência de complicações durante o tratamento endodôntico entre casos realizados com instrumentação manual e casos realizados com instrumentação mecanizada. A complicação mais frequente em casos de instrumentação manual é o abscesso e em casos de instrumentação mecanizada é a fratura de limas.

Relativamente à incidência de complicações após a conclusão de tratamentos endodônticos não foi possível tirar conclusões por não existir registo de complicações após o término dos tratamentos.

No futuro seria importante realizar um estudo semelhante ao presente, mas corrigindo as limitações que foram apresentadas no capítulo anterior de forma a gerar resultados válidos, de forma a guiar a escolha dos médicos dentistas quando têm de decidir entre realizar tratamentos endodônticos com instrumentação manual ou com instrumentação mecanizada.

7. Referências Bibliográficas

- (1) Gutmann J. Problems in Endodontics—Etiology, Diagnosis and Treatment. *Journal of Endodontics*. 2010;36(9):1597
- (2) Siddique R, Nivedhitha MS. Effectiveness of rotary and reciprocating systems on microbial reduction: A systematic review. *J Conserv Dent*. 2019 Mar-Apr;22(2):114-122
- (3) Endodontics Colleagues for Excellence [Internet]. Aae.org. 2013 [cited 2021 Jun 6]. Available from: <https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/07/endodonticdiagnosisfall2013.pdf>
- (4) Cintra LTA, Estrela C, Azuma MM, Queiroz ÍOA, Kawai T, Gomes-Filho JE. Endodontic medicine: interrelationships among apical periodontitis, systemic disorders, and tissue responses of dental materials. *Braz Oral Res*. 2018 Oct 18;32(suppl 1):e68.
- (5) European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J*. 2006 Dec;39(12):921-30
- (6) Tomson PL, Simon SR. Contemporary Cleaning and Shaping of the Root Canal System. *Prim Dent J*. 2016 May 1;5(2):46-53
- (7) Waplington M, McRobert AS. Shaping the root canal system. *Br Dent J*. 2014 Mar;216(6):293-7
- (8) Haapasalo M, Shen Y, Wang Z, Gao Y. Irrigation in endodontics. *Br Dent J*. 2014 Mar;216(6):299-303
- (9) Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am*. 1974 Apr;18(2):269-96
- (10) Oltramare Plotzliche Exstirpation der Zahnpulpa mittels einer durch die Bohrmaschine in Rotation versetzten Nadel. *Dtsch Monatsschr Zahnheilk* 1892: 32: 407–409.
- (11) Grossman LI. Endodontics 1776-1976: a bicentennial history against the background of general dentistry. *J Am Dent Assoc*. 1976 Jul;93(1):78-87
- (12) Bellizzi R, Cruse WP. A historic review of endodontics, 1689-1963, part 3. *J Endod*. 1980 May;6(5):576-80
- (13) Hülsmann M. Zur Geschichte der Wurzelkanalaufbereitung. *Endodontie* 1996: 5: 97–112

- (14) Milas VB. History. In: Cohen R, Burns R, eds. *Pathways of the Pulp*, 4th edn. St Louis, MO: C.V. Mosby, 1987: 619–634.
- (15) Curson I. History and endodontics. *Dent Pract* 1965; 15: 435–439.
- (16) Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod*. 1988 Jul;14(7):346-51
- (17) Bergmans L, Van Cleynenbreugel J, Wevers M, Lambrechts P. Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent*. 2001 Oct;14(5):324-33
- (18) Tabassum S, Zafar K, Umer F. Nickel-Titanium Rotary File Systems: What's New? *Eur Endod J*. 2019 Oct 18;4(3):111-117
- (19) Walia HM, Brantley WA, Gerstein H. An initial investigation of the bending and torsional properties of Nitinol root canal files. *J Endod*. 1988 Jul;14(7):346-51
- (20) Liu SB, Fan B, Cheung GS, Peng B, Fan MW, Gutmann JL, Song YL, Fu Q, Bian Z. Cleaning effectiveness and shaping ability of rotary ProTaper compared with rotary GT and manual K-Flexofile. *Am J Dent*. 2006 Dec;19(6):353-8
- (21) Berutti E, Chiandussi G, Paolino DS, Scotti N, Cantatore G, Castellucci A, Pasqualini D. Canal shaping with WaveOne Primary reciprocating files and ProTaper system: a comparative study. *J Endod*. 2012 Apr;38(4):505-9
- (22) Kuzekanani M. Nickel-Titanium Rotary Instruments: Development of the Single-File Systems. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2018 Sep-Oct;8(5):386-390
- (23) Peralta-Mamani M, Rios D, Duarte MAH, Santiago Junior JF, Honório HM. Manual vs. rotary instrumentation in endodontic treatment of permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *Am J Dent*. 2019 Dec;32(6):311-324
- (24) Silva LA, Leonardo MR, Nelson-Filho P, Tanomaru JM. Comparison of rotary and manual instrumentation techniques on cleaning capacity and instrumentation time in deciduous molars. *J Dent Child (Chic)*. 2004 Jan-Apr;71(1):45-7
- (25) Vahid A, Roohi N, Zayeri F. A comparative study of four rotary NiTi instruments in preserving canal curvature, preparation time and change of working length. *Aust Endod J*. 2009 Aug;35(2):93-7

- (26) Gavini G, Santos MD, Caldeira CL, Machado MEL, Freire LG, Iglecias EF, Peters OA, Candeiro GTM. Nickel-titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res.* 2018 Oct 18;32(suppl 1):e67
- (27) Calberson FLG, Deroose CAJG, Hommez GMG, De Moor RJG. Shaping ability of ProTaper nickel-titanium files in simulated resin root canals. *Int Endod J* 2004;37(9):613-23
- (28) Ruddle C. The ProTaper technique. *Endodontic Topics.* 2005;10(1):187-190.
- (29) Neto F, Ginjeira A. Comparative analysis of simulated root canals shaping, using ProTaper Universal, Next and Gold. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial.* 2016;57(2):82-86.
- (30) Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. *Int Endod J.* 2018 Oct;51(10):1088-1103
- (31) Uygun AD, Kol E, Topcu MK, Seckin F, Ersoy I, Tanriver M. Variations in cyclic fatigue resistance among ProTaper Gold, ProTaper Next and ProTaper Universal instruments at different levels. *Int Endod J.* 2016 May;49(5):494-9
- (32) Elkablawy A, Mabrouk A, Mostafa A, Magdy A. Basic Endodontic Instruments (Classification-Iso Standardization of Endo. Instruments, Intracanal Instruments (K-File ,K-Reamer, H-File), 2020
- (33) Sipavičiūtė E, Manelienė R. Pain and flare-up after endodontic treatment procedures. *Stomatologija.* 2014;16(1):25-30
- (34) Gambarini G, Testarelli L, De Luca M, Milana V, Plotino G, Grande NM, Rubini AG, Al Sudani D, Sannino G. The influence of three different instrumentation techniques on the incidence of postoperative pain after endodontic treatment. *Ann Stomatol (Roma).* 2013 Mar 20;4(1):152-5
- (35) Martins CM, De Souza Batista VE, Andolfatto Souza AC, Andrada AC, Mori GG, Gomes Filho JE. Reciprocating kinematics leads to lower incidences of postoperative pain than rotary kinematics after endodontic treatment: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trial. *J Conserv Dent.* 2019 Jul-Aug;22(4):320-331
- (36) Siqueira JF Jr, Rôças IN. Microbiology and treatment of acute apical abscesses. *Clin Microbiol Rev.* 2013 Apr;26(2):255-73

- (37) Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: The usual suspects. *Eur J Dent.* 2016 Jan-Mar;10(1):144-147
- (38) Jafarzadeh H, Abbott PV. Ledge formation: review of a great challenge in endodontics. *J Endod.* 2007 Oct;33(10):1155-62
- (39) McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. The impact of fractured endodontic instruments on treatment outcome. *Br Dent J.* 2013 Mar;214(6):285-9
- (40) Hulsmann M, Peters O, Dummer P. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics.* 2005;10(1):30-76.
- (41) Shetty SR, Al-Bayati SAAF, Narayanan A, Hamed MS, Abdemagyd HAE, Shetty P. Sodium hypochlorite accidents in dentistry. A systematic review of published case reports. *Stomatologija.* 2020;22(1):17-22
- (42) Guivarc'h M, Ordioni U, Ahmed HM, Cohen S, Catherine JH, Bukiet F. Sodium Hypochlorite Accident: A Systematic Review. *J Endod.* 2017 Jan;43(1):16-24
- (43) Manchanda S, Sardana D, Yiu CKY. A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials comparing rotary canal instrumentation techniques with manual instrumentation techniques in primary teeth. *Int Endod J.* 2020 Mar;53(3):333-353
- (44) Hou XM, Su Z, Hou BX. Post endodontic pain following single-visit root canal preparation with rotary vs reciprocating instruments: a meta-analysis of randomized clinical trials. *BMC Oral Health.* 2017 May 25;17(1):86
- (45) Reddy SA, Hicks ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J Endod.* 1998 Mar;24(3):180-3.
- (46) Fairbourn DR, McWalter GM, Montgomery S. The effect of four preparation techniques on the amount of apically extruded debris. *J Endod.* 1987 Mar;13(3):102-8. doi: 10.1016/S0099-2399(87)80174-7.
- (47) Nazari Moghaddam K, Mehran M, Farajian Zadeh H. Root canal cleaning efficacy of rotary and hand files instrumentation in primary molars. *Iran Endod J.* 2009 Spring;4(2):53-7. Epub 2009 Apr 17.
- (48) Divya S, Jeevanandan G, Sujatha S, Subramanian EMG, Ravindran V. Comparison of quality of obturation and post-operative pain using manual vs rotary files in primary teeth - A randomised clinical trial. *Indian J Dent Res.* 2019 Nov-Dec;30(6):904-908.

- (49) McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Endodontic instrument fracture: causes and prevention. *Br Dent J.* 2013 Apr;214(7):341-8. doi: 10.1038/sj.bdj.2013.324. PMID: 23579132.
- (50) Parashos P, Messer HH. Rotary NiTi instrument fracture and its consequences. *J Endod.* 2006 Nov;32(11):1031-43. doi: 10.1016/j.joen.2006.06.008. PMID: 17055902.
- (51) Iqbal MK, Kohli MR, Kim JS. A retrospective clinical study of incidence of root canal instrument separation in an endodontics graduate program: a PennEndo database study. *J Endod.* 2006 Nov;32(11):1048-52. doi: 10.1016/j.joen.2006.03.001. Epub 2006 Sep 25. PMID: 17055904.
- (52) Wolcott S, Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, Meyers J. Separation incidence of protaper rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. *J Endod.* 2006 Dec;32(12):1139-41. doi: 10.1016/j.joen.2006.05.015. Epub 2006 Sep 28. PMID: 17174668.
- (53) Fors UG, Berg JO. Endodontic treatment of root canals obstructed by foreign objects. *Int Endod J.* 1986 Jan;19(1):2-10. doi: 10.1111/j.1365-2591.1986.tb00884.x. PMID: 3456989.
- (54) Chenail BL, Teplitzky PE. Orthograde ultrasonic retrieval of root canal obstructions. *J Endod.* 1987 Apr;13(4):186-90. doi: 10.1016/S0099-2399(87)80138-3. PMID: 3471842.
- (55) Crump MC, Natkin E. Relationship of broken root canal instruments to endodontic case prognosis: a clinical investigation. *J Am Dent Assoc.* 1970 Jun;80(6):1341-7. doi: 10.14219/jada.archive.1970.0259. PMID: 5266127.
- (56) McGuigan MB, Louca C, Duncan HF. Clinical decision-making after endodontic instrument fracture. *Br Dent J.* 2013 Apr;214(8):395-400. doi: 10.1038/sj.bdj.2013.379. PMID: 23619858.
- (57) Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod.* 2005 Dec;31(12):845-50. doi: 10.1097/01.don.0000164127.62864.7c. PMID: 16306815.
- (58) Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod.* 1990 Oct;16(10):498-504. doi: 10.1016/S0099-2399(07)80180-4. PMID: 2084204.

- (59) Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod.* 1979 Mar;5(3):83-90. doi: 10.1016/S0099-2399(79)80154-5. PMID: 296248.
- (60) Alapati SB, Brantley WA, Svec TA, Powers JM, Mitchell JC. Scanning electron microscope observations of new and used nickel-titanium rotary files. *J Endod.* 2003 Oct;29(10):667-9. doi: 10.1097/00004770-200310000-00014. PMID: 14606793.
- (61) Sotokawa T. A systematic approach to preventing intracanal breakage of endodontic files. *Endod Dent Traumatol.* 1990 Apr;6(2):60-2. doi: 10.1111/j.1600-9657.1990.tb00391.x. PMID: 2132211.
- (62) Plotino G, Grande NM, Cordaro M, Testarelli L, Gambarini G. A review of cyclic fatigue testing of nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2009 Nov;35(11):1469-76. doi: 10.1016/j.joen.2009.06.015. Epub 2009 Sep 1. PMID: 19840633.
- (63) Gomes MS, Vieira RM, Böttcher DE, Plotino G, Celeste RK, Rossi-Fedele G. Clinical fracture incidence of rotary and reciprocating NiTi files: A systematic review and meta-regression. *Aust Endod J.* 2021 Jan 7. doi: 10.1111/aej.12484. Epub ahead of print. PMID: 33410578.